

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-94244

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月10日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	F I
H 0 2 M 1/12		H 0 2 M 1/12
		7/06 A
		7/48 E
H 0 2 P 7/63	3 0 2	H 0 2 P 7/63 3 0 2 R
H 0 3 K 17/16		H 0 3 K 17/16 F

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 7 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平8-246092

(22) 出願日 平成8年(1996) 9月18日

特許法第30条第1項適用申請有り 平成8年8月21日～23日 社団法人電気学会主催の「平成8年電気学会産業応用部門創立10周年記念全国大会」において文書をもって発表

(71) 出願人 394025980

岡山大学長

岡山県岡山市津島中一丁目1番1号

(72) 発明者 小笠原 悟司

岡山県岡山市西古松238-105 西古松住宅
1-404

(72) 発明者 赤木 泰文

岡山県岡山市東睦191-14

(72) 発明者 綾野 秀樹

岡山県児島郡灘崎町大字川張1244-31

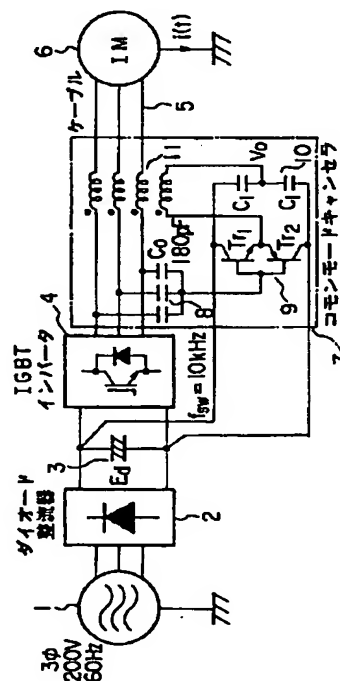
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外5名)

(54) 【発明の名称】 アクティブコモンモードキャンセラ

(57) 【要約】

【課題】電力変換機器の半導体素子のスイッチング時に発生するコモンモード電圧のステップ状変化に起因する障害を完全に除去することにある。

【解決手段】電力用半導体素子をスイッチング動作させて電力変換を行う電圧形PWMインバータ4の電力用半導体素子のスイッチング動作時に発生するコモンモード電圧を検出するスター結線されたコンデンサ8と、このコンデンサ8により検出されたコモンモード電圧により制御され、このコモンモード電圧と同じ大きさで逆極性の電圧を発生する制御電圧源と、この制御電圧源より発生した電圧をインバータ4の出力に重畳させて前記コモンモード電圧を相殺するコモンモードトランス11とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 電力用半導体素子をスイッチング動作させて電力変換を行う電力変換機器の前記電力用半導体素子のスイッチング動作時に発生するコモンモード電圧を検出する電圧検出手段と、この電圧検出手段により検出されたコモンモード電圧により制御され、前記コモンモード電圧と同じ大きさで逆極性の電圧を発生する制御電圧源と、この制御電圧源より発生した電圧を前記電力変換機器の出力に重畳させて前記コモンモード電圧を相殺する電圧重畳手段とを備えたことを特徴とするアクティブコモンモードキャンセラ。

【請求項2】 電力用半導体素子をスイッチング動作させて電力変換を行う電力変換機器の前記電力用半導体素子のスイッチング動作時に発生するコモンモード電圧を相殺すべくコモンモード電圧を発生する制御電圧源と、前記電力変換機器より発生するコモンモード電圧に前記制御電圧源より発生するコモンモード電圧を重畳する電圧重畳手段と、この電圧重畳手段により重畳された前記電力変換機器及び前記制御電圧源のコモンモード電圧を検出し、この検出電圧を前記制御電圧源にフィードバックする電圧検出手段とを備え、前記制御電圧源は前記電圧検出手段の検出電圧が零になるように制御することを特徴とするアクティブコモンモードキャンセラ。

【請求項3】 請求項1又は請求項2記載のアクティブコモンモードキャンセラにおいて、電圧検出手段は電力変換機器の電力用半導体素子の出力容量以下の小容量のコンデンサを用いてコモンモード電圧を検出することを特徴とするアクティブコモンモードキャンセラ。

【請求項4】 電力用半導体素子をスイッチング動作させて電力変換を行う電力変換機器の前記電力用半導体素子のスイッチング動作時に発生するコモンモード電圧を相殺すべくコモンモード電圧を発生する制御電圧源と、前記電力変換機器より発生するコモンモード電圧に前記制御電圧源より発生するコモンモード電圧を重畳する電圧重畳手段と、この電圧重畳手段により前記電力変換機器及び前記制御電圧源のコモンモード電圧が重畳された時に流れるコモンモード電流を検出し、この検出電流を前記制御電圧源にフィードバックする電流検出手段とを備え、前記制御電圧源は前記電流検出手段の検出電流が零になるように制御することを特徴とするアクティブコモンモードキャンセラ。

【請求項5】 電力用半導体素子をスイッチング動作させて電力変換を行う電力変換機器の前記電力用半導体素子のスイッチング動作時に発生するコモンモード電圧を前記電力用半導体素子をオン、オフ制御するための基準値をもとに演算する演算手段と、この演算手段により求められたコモンモード電圧により制御され、前記コモンモード電圧と同じ大きさで逆極性の電圧を発生する制御電圧源と、この制御電圧源より発生した電圧を前記電力変換機器の出力に重畳させて前記コモンモード電圧を相

殺する電圧重畳手段とを備えたことを特徴とするアクティブコモンモードキャンセラ。

【請求項6】 請求項1乃至請求項5の何れか1つに記載のアクティブコモンモードキャンセラにおいて、電圧重畳手段は多巻線を有するコモンモードトランスを用いてコモンモード電圧を重畳することを特徴とするアクティブコモンモードキャンセラ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電力変換機器、例えばインバータに代表される電力用半導体素子のスイッチング動作に基づいて電力変換を行う際に発生するコモンモード電圧（零相電圧）を相殺するアクティブコモンモードキャンセラに関する。

【0002】

【従来の技術】近年の例えばモータを負荷として運転制御する電圧形PWMインバータなどの電力変換機器においては、適用範囲の拡大と電力用半導体素子の特性向上に伴って電圧形PWMインバータのキャリア周波数の高周波化が進められている。

【0003】しかし、かかる電圧形PWMインバータの高周波化が進むにつれて、

(1) 負荷の浮遊容量を通して接地線に流れる高周波漏れ電流

(2) 伝導性と放射性の電磁妨害(EMI)

(3) モータ巻線絶縁の複合化

(4) モータ軸電圧とベアリング電流等の障害

が大きな問題になりつつある。

【0004】これらの障害は、電圧形PWMインバータのスイッチング時に生ずる電圧あるいは電流の急峻な変化に起因して発生する。

【0005】特にEMIに関しては、CISPR(国際無線障害特別委員会)やIEC(国際電気標準会議)など国際的に拘束力を持つ規格の審議機関において、将来インバータなどのパワーエレクトロニクス機器に対するEMI規格が審議されることが予想される。

【0006】従来、これらの障害を抑制するため、電圧形インバータの出力回路にコモンモードチョークやEMIフィルタを設けるようにしていた。しかし、これらはリアクトルやコンデンサなどの受動素子のみを組合せた構成で急峻な電流や電圧の変化を抑制しても、障害の発生原因を完全に解決することができなかった。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】このように電圧形PWMインバータの高周波化に伴って電力用半導体素子のスイッチング時に発生するコモンモード電圧のステップ状変化に起因する障害を受動素子のみを組合せて抑制しても、これらの障害の発生原因を完全に解決することはできなかった。

【0008】本発明は上記のような問題を解消するため

なされたもので、電力変換機器の電力用半導体素子のスイッチング時に発生する共通モード電圧のステップ状変化に起因する障害を完全に除去することができるアクティブ共通モードキャンセラを提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は上記の目的を達成するため、次のような手段によりアクティブ共通モードキャンセラを構成するものである。

【0010】請求項1に対応する発明は、電力用半導体素子をスイッチング動作させて電力変換を行う電力変換機器の前記電力用半導体素子のスイッチング動作時に発生する共通モード電圧を検出する電圧検出手段と、この電圧検出手段により検出された共通モード電圧により制御され、前記共通モード電圧と同じ大きさで逆極性の電圧を発生する制御電圧源と、この制御電圧源より発生した電圧を前記電力変換機器の出力に重畳させて前記共通モード電圧を相殺する電圧重畳手段とを備える。

【0011】請求項2に対応する発明は、電力用半導体素子をスイッチング動作させて電力変換を行う電力変換機器の前記電力用半導体素子のスイッチング動作時に発生する共通モード電圧を相殺すべく共通モード電圧を発生する制御電圧源と、前記電力変換機器より発生する共通モード電圧に前記制御電圧源より発生する共通モード電圧を重畳する電圧重畳手段と、この電圧重畳手段により重畳された前記電力変換機器及び前記制御電圧源の共通モード電圧を検出し、この検出電圧を前記制御電圧源にフィードバックする電圧検出手段とを備え、前記制御電圧源は前記電圧検出手段の検出電圧が零になるように制御する。

【0012】請求項3に対応する発明は、請求項1又は請求項2に対応する発明のアクティブ共通モードキャンセラにおいて、電圧検出手段は電力変換機器の電力用半導体素子の出力容量以下の小容量のコンデンサを用いて共通モード電圧を検出する。

【0013】請求項4に対応する発明は、電力用半導体素子をスイッチング動作させて電力変換を行う電力変換機器の前記電力用半導体素子のスイッチング動作時に発生する共通モード電圧を相殺すべく共通モード電圧を発生する制御電圧源と、前記電力変換機器より発生する共通モード電圧に前記制御電圧源より発生する共通モード電圧を重畳する電圧重畳手段と、この電圧重畳手段により前記電力変換機器及び前記制御電圧源の共通モード電圧が重畳された時に流れる共通モード電流を検出し、この検出電流を前記制御電圧源にフィードバックする電流検出手段とを備え、前記制御電圧源は前記電流検出手段の検出電流が零になるように制御する。

【0014】請求項5に対応する発明は、電力用半導体素子をスイッチング動作させて電力変換を行う電力変換

機器の前記電力用半導体素子のスイッチング動作時に発生する共通モード電圧を前記電力用半導体素子をオン、オフ制御するための基準値をもとに演算する演算手段と、この演算手段により求められた共通モード電圧により制御され、前記共通モード電圧と同じ大きさで逆極性の電圧を発生する制御電圧源と、この制御電圧源より発生した電圧を前記電力変換機器の出力に重畳させて前記共通モード電圧を相殺する電圧重畳手段とを備える。

【0015】請求項6に対応する発明は、請求項1乃至請求項5の何れか1つに対応する発明のアクティブ共通モードキャンセラにおいて、電圧重畳手段は多巻線を有する共通モードトランスを用いて共通モード電圧を重畳する。

【0016】従って、上記請求項1乃至請求項6に対応する発明にあつては、電力変換機器の電力用半導体素子のスイッチング時に発生する共通モード電圧とは同じ大きさで極性が逆極性の共通モード電圧を発生させ、この共通モード電圧を電力変換機器の出力に重畳して負荷に加えられる共通モード電圧を相殺することが可能となるので、電力変換機器の発生する有害な共通モード電圧を完全に除去することができる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

【0018】図1は電圧形PWMインバータにより誘導電動機をベクトル制御するシステムの主回路に本発明によるアクティブ共通モードキャンセラを適用した場合の第1の実施の形態を示す回路構成図である。

【0019】図1において、1は三相交流電源、2はこの三相交流電源1の交流出力を直流に変換する整流器、3はこの整流器2の直流出力を平滑する平滑用コンデンサ、4はこの平滑用コンデンサ3で平滑された直流電圧が入力され、この直流電圧を電力用半導体素子（IGPT）のスイッチング動作により三相の交流電圧に変換する電圧形PWMインバータ（以下単にインバータと称する）である。

【0020】このインバータ4の三相交流出力端は、ケーブル5を介して誘導電動機6に接続され、この誘導電動機6のフレームは接地線を介して接地端子に接続されている。

【0021】このような主回路構成のインバータ4の出力端に共通モードキャンセラ7を接続する。この共通モードキャンセラ7は、インバータ4の三相交流出力端にスター結線されて共通モード電圧を検出するコンデンサ8（C0）と、その中性点より得られる共通モード電圧を電力増幅するコンプリメンタリのトランジスタを用いたプッシュプル形のエミッタホロワ回路9と、このエミッタホロワ回路9の出力をコンデンサ（C1）10を介して一次側コイルに入力し、その二次側コイルを三

相ケーブル5に設けた共通モードトランス11とを備え、且つ駆動電源としてはインバータ4の入力側より得るようにしてある。

【0022】ここで、共通モードキャンセラに用いる制御電圧源には、スイッチング毎にステップ状に変化するインバータの共通モード電圧を忠実に出力可能な高速応答性と低い出力インピーダンス特性が要求されるが、上記エミッタホロワ回路9はこの条件を満足する制御電圧源を実現している。

【0023】また、電圧形インバータの共通モード電圧は、インバータの出力端に接続したスター結線の中点電位をコンデンサ8により検出しているが、このコンデンサ8の容量が大きい場合にはスイッチング時に過大なスパイク状のインパルス電流が電力素子に流れ、素子を破壊してしまう恐れがある。

【0024】しかし、本システムではインバータの電力用半導体素子の出力容量と同程度のコンデンサ(180pF×3)を使用しているため、このインパルス電流による電力用半導体素子に与える影響はほとんど問題とならない。エミッタホロワ回路9は入力インピーダンスが十分高いため、このように小さな容量のコンデンサを用いてもインバータ4の共通モード電圧を十分な精度で検出することができる。また、エミッタホロワ回路9の出力インピーダンスは十分に低いため、共通モードトランス11の励磁電流 i_m はエミッタホロワ回路9からのみ供給される。

【0025】さらに、共通モードキャンセラの駆動電源としてインバータ4の入力側より大きな電源電圧を得ているため、共通モードトランス11の一次側及び二次側の巻線の巻数比が1:1のものが使用される。

【0026】次にこのように構成された共通モードキャンセラの作用を図2により説明する。

【0027】図2は共通モードキャンセラを用いた場合の共通モードに対する等価回路を示すものである。図2において、Cはモータの巻線とフレーム間の漂遊容量、 l 、 r は経路全体の配線のインダクタンス及び抵抗分である。

【0028】インバータの一相がスイッチングした場合には、インバータが出力する共通モード電圧 v_{inv} は $E_d/3$ の大きさでステップ状に変化する。エミッタホロワ回路9は共通モード電圧 v_{inv} を入力し、それと同じ大きさの電圧 v_c を出力する制御電圧源で表すことができる。また、エミッタホロワ回路9の出力端に接続された共通モードトランス11は漏れインダクタンスを無視して励磁インダクタンス L_m のみで表している。

【0029】従って、インバータ4がスイッチングされる毎に、インバータ4の出力零相電圧、すなわち共通モード電圧がステップ状に変化する。これにより、共通モード電流 $i(t)$ はモータ6の巻線とフレーム間の漂

遊容量を通して接地線に流れる。

【0030】このときスター結線されたコンデンサ8によりインバータ4の共通モード電圧を検出し、直列に接続された共通モードトランス11に v_{inv} と大きさが等しく逆向きの電圧 v_c を出力すれば、共通モード電圧を完全に打ち消すことができる。この結果、共通モード電流 $i(t)$ が流れなくなる。

【0031】このように共通モードキャンセラ7は、この共通モード電圧と共通モード電流の両方を同時に除去することができる。

【0032】図3は共通モードキャンセラを用いない場合の共通モード電流波形を示すものである。

【0033】共通モード電流は、インバータがスイッチングする毎に配線のインダクタンス及びモータの巻線とフレームとの間の漂遊容量を通して流れるものであり、LCR直列共振回路にステップ電圧を印加した場合の減衰振動波形と相似な波形となる。このことから共通モードに対する等価回路は、図2における L_m の両端を短絡したLCR直列共振回路として考えることができる。

【0034】図3に示すように、インバータのスイッチング毎にピーク値0.44A、振動周波数290Hzの共通モードに対する電流が流れていることが分かる。この共通モード電流はシステムの定格電流に対しても比較的大きな電流であり、漏電ブレーカの誤動作を引起こしたり、EMIの発生原因となる。

【0035】図4は共通モードキャンセラを使用した場合の共通モード電流波形を示すものである。図4より明らかなように共通モードキャンセラを用いた場合には、共通モード電流はほぼ完全に抑制できることが分かる。ここで、インバータのスイッチング時に微小な振動が生じているが、これはトランジスタの応答の遅れが原因と考えられる。この微小な振動はピーク値、実効値ともごく僅かであり、共通モードキャンセラの使用は共通モード電流の低減に非常に効果的であることが分かる。

【0036】次に本発明の他の実施の形態を図5乃至図8により説明するに、図1と同一部分には同一符号を付してその説明を省略し、ここでは異なる点についてのみ述べる。

【0037】図5は本発明の第2の実施の形態を示す回路構成図で、図1ではインバータの出力側に各相ケーブルにコンデンサをスター結線し、その中性点より共通モード電圧を取出してエミッタホロワ回路9に入力したが、第2の実施の形態では共通モードトランス11の二次側巻線出力側の各相ケーブルにコンデンサ8をスター結線し、その中性点より得られる共通モード電圧を検出し、その電圧をアンプ12により増幅器してエミッタホロワ回路9に入力するものである。

【0038】従って、このような構成の共通モードキ

キャンセラとすれば、インバータで発生したコモンモード電圧に制御電圧源のコモンモード電圧を重ねたコモンモード電圧が検出され、その電圧がアンプ12により適宜大きさに増幅されて制御電圧源にフィードバックされるので、負荷に加えられるコモンモード電圧を完全に相殺することができる。

【0039】図6は本発明の第3の実施の形態を示す回路構成図で、図5ではコモンモードトランス11の二次側巻線出力側の各相ケーブルにコンデンサをスター結線し、その中性点より得られるコモンモード電圧を検出したが、第3の実施の形態ではコモンモードトランス11の二次側巻線出力側のケーブルに流れる電流を変流器13により検出し、その電流検出値をアンプ14により増幅してエミッタフロワ回路9に入力するものである。

【0040】従って、このような構成のコモンモードキャンセラとすれば、インバータ4で発生したコモンモード電圧に制御電圧源のコモンモード電圧を重ねし、変流器13により検出されたコモンモード電流をアンプ14により増幅してエミッタフロワ回路9に入力することにより、制御電圧源はコモンモード電流が零になるようにフィードバック制御する。

【0041】図7は本発明の第4の実施の形態を示す回路構成図で、図1ではコモンモードキャンセラの駆動電源をインバータ4の入力側より得るようにしたが、第4の実施の形態では電源電圧の低い別個の直流電源15をコモンモードキャンセラの駆動電源として用いるものである。この場合、スター結線されたコンデンサ8の中性点より得られるコモンモード電圧はエミッタフロワ回路9に例えば抵抗からなる減衰器17を介して入力される。

【0042】従って、図1に示すようにインバータの入力側より電源電圧を得る場合は、高電圧のため、コモンモードトランスの一次側及び2次側巻線の巻数比を1対1としているが、第4の実施の形態のように電源電圧の低い別電源15を使用して、コモンモードトランス11の一次側及び2次側巻線の巻数比を変えることにより、第1の実施の形態と同様の作用効果を得ることができる。この場合、エミッタフロワ回路9のトランジスタTr1、Tr2としては耐圧の小さなものでよい。

【0043】図8は本発明の第5の実施の形態を示す回路構成図で、図1ではインバータより発生するコモンモード電圧を各相ケーブルにコンデンサをスター結線し、その中性点よりコモンモード電圧を検出したが、第5の実施の形態ではインバータ4の制御回路16に電力用半導体素子をオン、オフ制御するための基準値をもとにインバータ4より発生するコモンモード電圧を演算する演算機能を持たせ、この演算機能により求められたコモンモード電圧をコモンモードキャンセラのエミッタフロワ回路9に入力するようにしたものである。

【0044】従って、このような構成のコモンモードキ

ャンセラとすれば、電圧形インバータの出力側にコンデンサを設けなくてもよいので、スパイク状の電流がスイッチング素子に流れるようなことがない。

【0045】なお、前述した各実施の形態では、本発明によるアクティブコモンモードキャンセラ7を電圧形PWMインバータにより誘導電動機を運転するシステムに適用する場合について述べたが、適用機器としては電力用半導体素子のスイッチング時にコモンモード電圧が発生する他の電力変換機器、例えばDC-DCコンバータに対しても同様に適用することができる。

【0046】この他、本発明は上記し、且つ図面に示す実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を変更しない範囲内で種々変形して実施できることはいうまでもない。

【0047】

【発明の効果】以上述べたように本発明によれば、電力変換機器の電力用半導体素子のスイッチング時に発生するコモンモード電圧のステップ状変化に起因する障害を完全に除去することができるアクティブコモンモードキャンセラを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるアクティブコモンモードキャンセラを電圧形PWMインバータにより誘導電動機をベクトル制御するシステムの主回路に適用した場合の第1の実施の形態を示す回路構成図。

【図2】同実施の形態のアクティブコモンモードキャンセラを示す等価回路図。

【図3】アクティブコモンモードキャンセラを用いない場合のインバータより誘導電動機に流れるコモンモード電流波形図。

【図4】アクティブコモンモードキャンセラを用いた場合のインバータより誘導電動機に流れるコモンモード電流波形図。

【図5】本発明の第2の実施の形態を示す回路構成図。

【図6】本発明の第3の実施の形態を示す回路構成図。

【図7】本発明の第4の実施の形態を示す回路構成図。

【図8】本発明の第5の実施の形態を示す回路構成図。

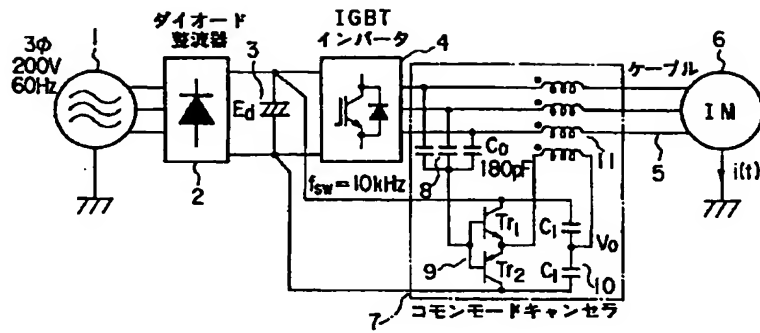
【符号の説明】

- 1……三相交流電源
- 2……整流器
- 3……平滑用コンデンサ
- 4……電圧形PWMインバータ
- 5……ケーブル
- 6……誘導電動機
- 7……コモンモードキャンセラ
- 8……コンデンサ
- 9……エミッタフロワ回路
- 10……コンデンサ
- 11……コモンモードトランス
- 12……アンプ

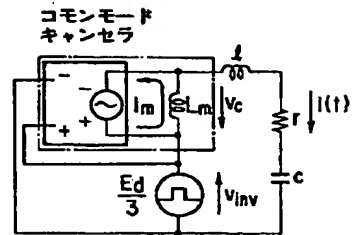
13……変流器
14……アンプ
15……直流電源

16……制御回路
17……減衰器

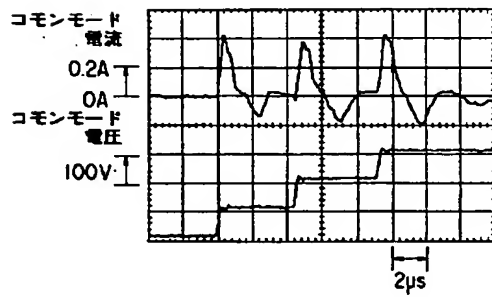
【図1】



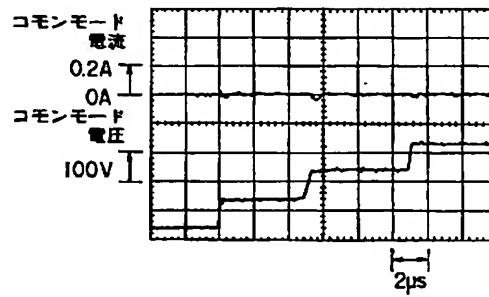
【図2】



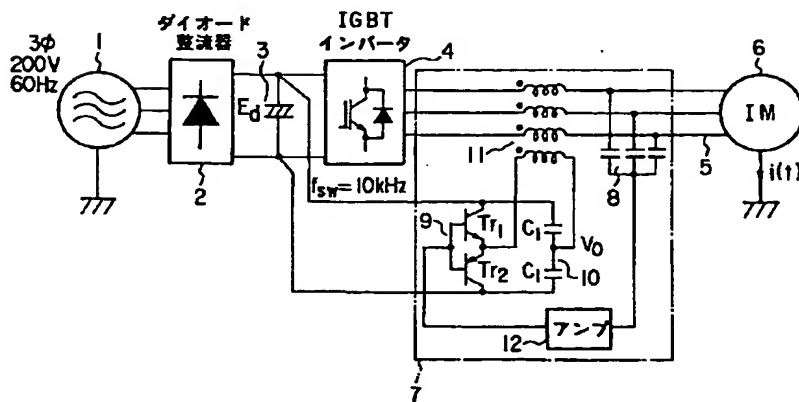
【図3】



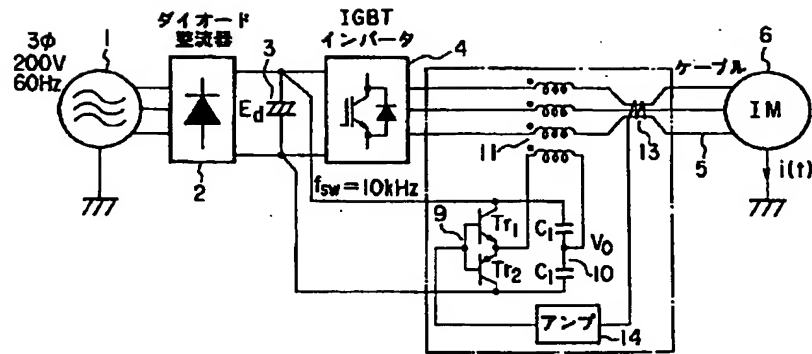
【図4】



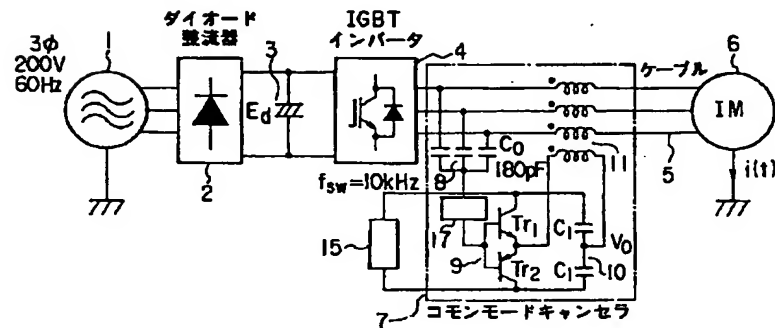
【図5】



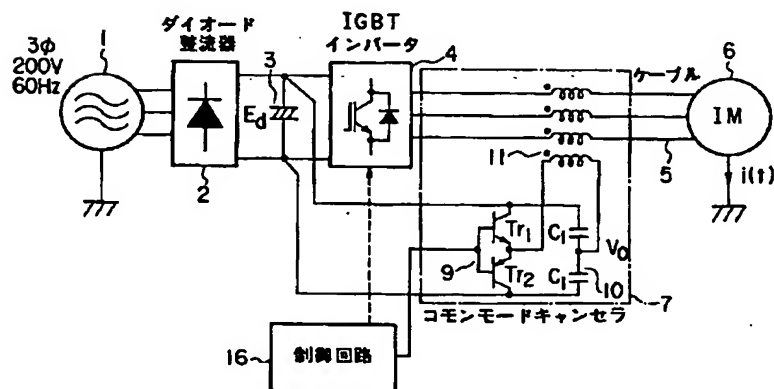
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶
H03K 17/16

識別記号

F I
H03K 17/16

B